

Aus der prothetischen Abteilung der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten (Direktor: Prof. Dr. F. Jung)
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Untersuchungen über die Haftung
gummi-elastischer Abformmaterialien
am Abdrucklöffel unter besonderer
Berücksichtigung der Haftlacke.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät der Johannes-Gutenberg-Universität
in Mainz

vorgelegt von
Zahnarzt
Hans-Jürgen Wiechers
aus Münster/Westfalen

Mainz 1968

1967

Aus der prothetischen Abteilung
der Klinik und Poliklinik für
Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof.Dr.F.Jung)
der Johannes-Gutenberg-Universität
Mainz

Untersuchungen über die Haftung gummi-elastischer
Abformmaterialien am Abdrucklöffel unter beson-
derer Berücksichtigung der Haftlacke.

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Zahnheilkunde der Hohen Medizinischen
Fakultät der Johannes-Gutenberg-Universität
in Mainz

vorgelegt von
Zahnarzt
Hans-Jürgen Wiechers
aus Münster/Westfalen
Mainz 1968



Meinen Grosseltern in Dankbarkeit
gewidmet.

Dekan: Prof.Dr.L.Diethelm

Referent: Prof.Dr.L.Hupfauf

Korreferent: Prof.Dr.F.Jung

Mündliche Prüfung: 2.12.1967

Inhaltsverzeichnis:

I.	Einleitung	Seite 1
II.	Einwirkung von Perforation und Haftmittel auf die Haftung des Abdrucks im Löffel.....	Seite 3
III.	Eigene Untersuchungen	
	A) Erklärung der physikalischen Untersuchungsmethode.....	Seite 5
	B) Statistische Methodik.....	Seite 10
	C) Resultate	
	1) Vorbemerkung zu den Ver- suchen mit perforierten Metallplatten.....	Seite 13
	2) Versuchsserien.....	Seite 14
	a) Vorbemerkungen zu den Versuchsserien I und II.....	Seite 15
	b) Erläuterungen zu den Versuchsserien I und II.....	Seite 16
	c) Meßtabellen für Serie I u. II.....	Seite 18
	d) Vorbemerkung und Erläuterung zur Versuchsserie III.....	Seite 34
	e) Meßtabellen für Serie III.....	Seite 36
	f) Zusammenstellung der Mittelwertsergebnisse.....	Seite 44
	3) Erklärung der unterschied- lichen Meßergebnisse bei den Einzelversuchen.....	Seite 45
	4) Erläuterungen und Ergebnisse der Kruskal-Wallis-Tests, Signifikanztabellen und graphische Darstellungen.....	Seite 47
	5) Berechnung der Haftkraft, bezogen auf einen mittleren OK-Löffel.....	Seite 54
IV.	Diskussion.....	Seite 56
V.	Zusammenfassung.....	Seite 59
VI.	Literaturverzeichnis.....	Seite 61
VII.	Lebenslauf.....	Seite 63



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Einleitung:

"Unter dem Begriff 'Silikone' faßt man eine Gruppe von Kunststoffen zusammen, welche als anorganisch-organische Elastomere durch den Einbau von Siliziumatomen in das Makromolekül eine Brücke von dem organischen (Kohlenstoff) Kunststoff zu den anorganischen Silikaten schlagen" (K.SENDTNER¹¹). Ihre Vorteile gegenüber den Alginaten, Gipskompositionen und thermoplastischen Massen bestehen darin, daß der Abdruck in toto aus dem Mund entfernt werden kann und "unter-sich-gehende" Stellen sehr gut abgeformt werden. Außerdem besitzen Silikone eine genaue Detailzeichnung, bedeutende Elastizität, geringe Deformation, genügende Abriebfestigkeit und ein gutes Rückstellvermögen.

Für den Organismus sind die Silikone nicht toxisch, wie verschiedene Tierversuche ergaben. Silikonkautschuk fand Verwendung zur Anfertigung künstlicher Harnleiter und Harnröhren, Tests auf Hautirritationen waren negativ. Auch wirken Silikone durch ihre niedrige Oberflächenspannung als eine Schutzbarriere, daher werden Silikone Hautcremen, Schuhpflegemitteln u.a.m. zugesetzt.

In der Zahnheilkunde war die Stabilität der Form Gegenstand von Messungen vieler Autoren: HOUZAR und SINDELKA⁸, ILG⁹, EFFINGER⁵, HENKEL⁶ u.a.m.

Ungünstig auf die Genauigkeit des Abdrucks wirkt sich die Loslösung des Abformmaterials vom Löffel bei der Herausnahme des Abdrucks aus dem Mund aus. Dieses Phänomen ist einerseits durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Materials bedingt, weshalb es nicht am Löffel fixiert werden kann. Andererseits beruht es auf dem starken Saugeffekt (Vakuumsog) beim Entfernen des Abdrucklöffels und der Stauchung des Materials beim Abziehen von den "unter-sich-gehenden" Stellen. Zwar schnellt der Abdruck an diesen Stellen in seine ursprüngliche Lage und Form zurück, hat er sich

aber teilweise vom Löffel gelöst und sich auch nur um einen Bruchteil eines Millimeters in ihm verkantet, so wird der Ausguß ungenau. Die Abhebung der Abformmasse tritt hauptsächlich an den Löffelrändern und an den rechtwinkligen Ecken des Löffels auf. Hieraus leitet sich die Forderung ab, Abdrucklöffel oder Haftmaterialien zu entwickeln, die die Ablösungserscheinungen verhindern.

Im Verlauf dieser Arbeit soll das Verhalten gummi-elastischer Abformmaterialien auf Silikon-Basis gegenüber der Loslösung bei den verschiedenen Löffelformen und Haftstoffen untersucht werden.

Es werden folgende Präparate getestet:

1. Silikone:
 - a) Silone
 - b) Sta-Seal
 - c) Silaplast
2. Haftmittel:
 - a) Reto-Haftlack
 - b) Sili-Spray

Zu den beiden Haftmitteln sei noch folgendes gesagt: Die chemische Zusammensetzung beider Stoffe ist uns nicht bekannt, aber dem Geruch nach ist Sili-Spray ein Harz-Gemisch, während der Reto-Haftlack eher nach Azeton oder Nitrozelluloselack riecht. Die Firma Kettenbach teilte über die Haftfunktion des Reto-Haftlacks mit: "Reto-Haftlack ist ein ausgesprochener Haftvermittler, also kein Klebstoff. Die Wirkungsweise kann so erklärt werden, daß die dünne Flüssigkeit auf der Fläche aufgestrichen wird und nach Verdunsten des Lösungsmittels eine Kondensation eintritt, die in ihrem Molekülgefüge an der Oberfläche haftvermittelnd bzw. verankernd für die neuaufgebrachten Lastic-Massen ist".

Einwirkung von Perforation und Haftmittel auf die
Haftung des Abdrucks am Abdrucklöffel:

1. Perforation:

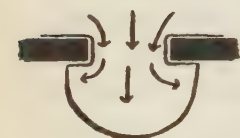
Die perforierten Löffel sollen im Vergleich zu den glattwandigen der Abdruckmasse mehr Retentionsmöglichkeiten bieten. Bei der Abdrucknahme preßt sich das stark visköse Material unter Druck durch die Löcher. Außerhalb des Löffels erfährt das Material eine Druckentlastung und expandiert sich. Dieses Phänomen erklärt, warum die Retentionskörperchen außerhalb des Abdrucklöffels einen größeren Umfang haben als die Perforationen selbst. Will man nun die Abdruckmasse vom Löffel entfernen, so müssen mehrere Kräfte überwunden werden:

- a) Die Adhäsionskraft des Materials an der Löffeloberfläche,
- b) die Kraft, die nötig ist, um die Retentionskörper soweit zu verformen, daß sie die Perforationen überwinden.

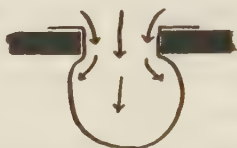
Unseren Beobachtungen zufolge nimmt der Umfang der Retentionskörper im umgekehrten Verhältnis zum Perforationsdurchmesser zu, d.h. genauer berechnet, daß die Retentionskörperchen, die bei den 2,5 mm perforierten Platten einen Durchmesser von 2,85 mm haben, bei den 1,4 mm perforierten Platten 1,59 mm messen müßten, würde ihr Durchmesser im gleichen Verhältnis zum Durchmesser der Perforation abnehmen. In Wirklichkeit beträgt aber der Querschnitt eines Retentionskörperchens der 1,4 mm perforierten Platte 2,0 mm, das sind 20,2 % mehr als angenommen. Auf den ersten Blick scheint sich hieraus die Folgerung ableiten zu lassen, daß dann die günstigste Haftung des Materials am Löffel erzielt wird, wenn die Durchmesser der Löffelperforation minimal klein sind. Das ist aber ein Trugschluß, denn je kleiner die Perforation ist, desto eher reißt das Material vom Löffel ab. Die Retentionskörperchen haben nämlich nahezu Pilzform, und wenn der Stiel des "Pilzes" sehr dünn ist, reißt er verstandesmäßig eher, als wenn er dick ist. Die Pilzförmigkeit

der Retentionen beobachteten wir besonders deutlich bei Sta-Seal, da dieses Material das dünnflüssigste aller drei untersuchten Silikone ist. Bei Silone waren die Köpfe der "Pilze" etwas kleiner und dünner und wirkten daher eher wie ein Trommelschlägel (siehe Abb.).

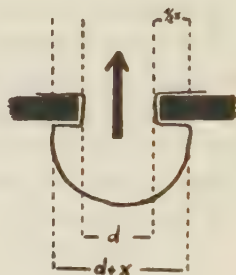
Abb. 1



Retentionskörperform
bei Sta-Seal



Retentionskörperform
bei Silone



2. Haftmittel:

Seit 1960/61 werden Haftmittel für diese Abdruckmaterialien vertrieben, die bei glatten als auch bei perforierten Metalllöffeln und bei Kunststofflöffeln verwendet werden können. Ihre Aufgabe ist es, die Löffeloberfläche haftfähiger für das Abdruckmaterial zu machen, und zwar soll das Molekülgefüge des Haftmittels eine verankernde Wirkung auf das darauf aufgebrachte Silikon besitzen. Bei beiden untersuchten Haftmitteln, dem Reto-Haftlack und dem Sili-Spray, konnten wir keine chemische Verbindung mit dem Silikon beobachten, es kam lediglich zu einer trennbaren Oberflächenberührung.

Erklärung der physikalischen Untersuchungsmethode:

Um verhältnismäßig genaue und annähernd gleiche Ergebnisse zu erzielen, haben wir uns auf eine rein physikalische Untersuchungsmethode der Silikone und Haftmittel beschränkt. Die Abdrucklöffel wurden durch spiegelglatte Weißblechplatten nachgeahmt:

Platte a: glatt

Platte b: weitmaschig perforiert 2,5 mm Ø

Platte c: engmaschig perforiert 1,4 mm Ø

Platte d: aus Palavit-M, perforiert

Platte a, b und c entsprechen den konfektionierten Abdrucklöffeln, Platte d entspricht dem individuellen Löffel.

Die Versuchsanordnung bestand aus den oben erwähnten, je nach Versuchsserie verschiedenen Platten, einer Federwaage (Meßkapazität bis zu 13 KP) mit festmontiertem Schreibhebel, einem Stativgestänge, an dem die Federwaage mittels Rolle und Spannbindfaden aufgehängt war, einem Bremsfaden und einer Schreibtafel, die mit Millimeterpapier überzogen wurde (Abb.3). Die Anregung zu dieser Versuchsanordnung entnahmen wir der Dissertation von C.TOKMAN¹². Im Gegensatz zu dieser Anordnung haben wir die Federwaage mit einem über eine Rolle laufenden Faden abgezogen, wodurch eine senkrechte Abzugsrichtung gegeben war. Ferner wurde durch die Aufzeichnung der Federausdehnung auf Millimeterpapier eine genauere Meßregistrierung erzielt.

Damit die einzelnen Versuche und deren Ergebnisse verständlicher werden, soll eine Versuchsreihe dem ganzen Ablauf nach beschrieben werden.

Untersuchung:

Prüfung der Haftfestigkeit des Abformmaterials "Silone" auf glatter, nicht perforierter Metallplatte.

Versuchsanordnung:

- a) Metallplatte, nicht perforiert
- b) perf.Zwischenplatte m.Haken, um Abformmasse abziehen
- c) Federwaage (10 KP) mit Schreibhebel
- d) Stativgestänge
- e) Form für das Abformmaterial
- f) Schreibtafel mit Millimeterpapierstreifen
- g) Stoppuhr

Verfahren:

Aus der Tube werden 10 cm Silone auf den Mischblock gebracht, mit 10 Tropfen Reaktol ca. 1/2 Minute (Firmenangabe) angespatelt und anschließend in eine viereckige Kastenform ohne Boden (auf der glatten Grundplatte befindlich) eingebracht. Dann wird die perforierte Zwischenplatte, an der ein Haken befestigt ist, in die weiche Silone-Masse eingedrückt und gleichmäßig mit Silone bedeckt. Nach der Gebrauchsanweisung soll bis zum völligen Abbinden eine Zeit von 5,5 Minuten vergehen: ca. 1,5 min für die Dauer vom Beginn des Anmischens bis zum Einbringen des Abdrucks in den Mund des Patienten, 3 min Abbindedauer plus 1 min Verzögerung vor der Abdruckentnahme, um zu vermeiden, daß der Abdruck Verzerrungen erleidet, bevor er vollkommen gummi-elastisch wird. Kurz vor der Messung wird die Kastenform entfernt und nach genau 5,5 min das Material mittels der Federwaage senkrecht und mit möglichst gleichmäßiger Kraftsteigerung nach oben gezogen. Ein an der Federwaage befestigter leichter Schreibstift zeichnet auf Millimeterpapier die Federausdehnung mit, während ein Bremsfaden das Hochschnellen der Federwaage nach dem plötzlichen Losreißen des Materials von der Grundplatte verhindert. Die Kraft, die zum Abriß führte, wird auf dem Millimeterpapier dadurch genau angezeigt, daß der geradlinige Registrierstrich beim Abriß des Materials unterbrochen oder abgelenkt wird. Das Auge folgt während des Meßvorganges der Anzeigerskala der Federwaage, die die Haftkraft wiedergibt (K gemessen in p); es ist somit annähernd eine doppelte Meßregistrierung gegeben. Die Kantenlänge des Prüfkörpers wurde vorher durch Ausmessen der Kastenform mit einer Schublehre bestimmt und die Berührfläche F des Materials mit der Grundplatte in cm^2 berechnet.

$$\frac{K}{F} = \text{Kraft pro cm}^2 \text{ Fläche}$$

Die Ergebnisse einer Versuchsreihe zeigt die Tabelle I_{1a}.

Auswertung:

Streuungsbereiche und Mittelwertschwankungen müssen zur Erzielung eindeutiger Ergebnisse mit in die Berechnung einbezogen werden.

Die Ergebnisse aus $\frac{K}{F}$ werden addiert und durch die Anzahl der Versuche dividiert, es ergibt sich ein Mittelwert MW. Von jedem $\frac{K}{F}$ - Ergebnis wird dieser MW abgezogen, und man addiert die Absolutwerte dieser Differenzen. Deren Summe wird ebenfalls durch die Anzahl der Versuche dividiert, woraus sich der Mittelwert der Abweichung ergibt (MW-Abw.). Durch Einsetzen von MW und MW-Abw. in die Prozentrechnung

$$MW : MW-Abw. = 100 : x$$

ermittelt man den Prozentwert der mittleren Abweichung. Das Abschlußergebnis einer jeden Versuchsreihe, das nach obiger Methode ermittelt wurde, gilt als verhältnismäßig gut.

Das Ergebnis der ersten Versuchsreihe, die 5 Einzelversuche umfaßt, lautet wie folgt:

$$1338,7 \text{ p} \pm 20,3 \text{ p} (1,51 \%)$$

A B C

A) Mittelwert MW in p

B) Mittelwert-Abweichung, MW-Abw., in p

C) Mittlere Abweichung in Prozent

I. Versuchsserie: 1. Versuchsreihe

Material: Silone

Fläche: glatt, unperforiert, ohne Haftmittel

Anspatzeit: 30 sec

Abzug: nach 5,5 min

Die Tabelle I_{1a} befindet sich umseitig.

Tabelle I_{1a}

Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	K F in p/cm ²	MW-Diff. in p
1	7150	23,3x23,7	5,52	1295,3	43,4
2	7400	"	"	1340,5	1,8
3	7550	"	"	1367,7	29,0
4	7350	"	"	1331,5	7,2
5	7500	"	"	+1358,7	+20,0
zus.				6693,7	104,4

$$MW = 6693,7 : 5 = 1338,7$$

$$MW-Abw. = 101,4 : 5 = 20,3$$

$$\%) 1338,7 : 20,3 = 100 : x$$

$$x = \frac{20300}{13387} = 1,51$$

$$\text{Mittlere Abweichung} = \underline{\underline{1,51 \%}}$$

Betrifft alle Tabellen der Versuchsserien I - III:

Unter der Mittelwert-Differenz (MW-Diff.) verstehen wir die absoluten Differenzen der Einzelwerte vom Gruppenmittelwert.

Versuchsanordnung:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1- Stativgestänge | 5- simulierter Abdrucklöffel |
| 2- Rolle | 6- Versuchsblock |
| 3- Spannbindfaden | 7- Bremsfaden |
| 4- Federwaage | 8- Schreibhebel |
| 9- Tafel mit Millimeterpapier | |

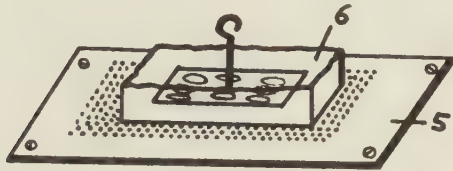


Abb. 2

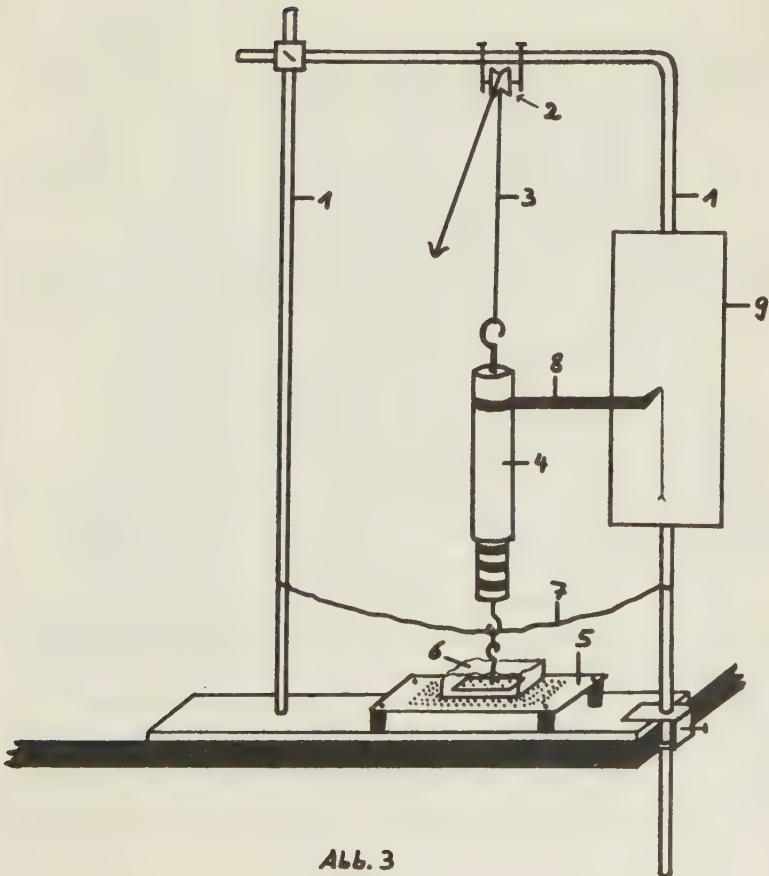


Abb. 3

Statistische Methodik:

Die Haftwerte des Abdruckmaterials an der Grundfläche des Löffels wurden in Gruppen zu je 5 Werten in Tabellen eingetragen. Jede Gruppe spiegelt 5 Versuche wieder, die unter völlig gleichen Bedingungen vorgenommen wurden. Jede dieser Grundtabellen war gekennzeichnet durch das Material, die Fläche und das Haftmittel, insgesamt gibt es also $3 \times 4 \times 3 = 36$ derartige Grundtabellen.

Die statistischen Vergleiche dienten der Untersuchung, ob sich die Meßwerte zwischen den verschiedenen Faktoren (Material, Fläche, Haftmittel) mehr als man es rein zufällig erwarten kann, unterscheiden.

Es wurden für den gleichzeitigen Vergleich von mehreren Gruppen der Rangtest nach KRUSKAL und WALLIS ausgeführt. -Die Anwendung einer Varianzanalyse erschien nicht angezeigt, da serienmäßig Nullwerte aufgetreten waren.- Dieser Test ist an keinerlei Voraussetzung, z.B. bezüglich der Verteilung der Ausgangswerte gebunden. Bei gleichzeitiger Prüfung mehrerer Gruppen mittels eines geeigneten Tests vermeidet man, daß durch häufige Wiederholungen von Einzelvergleichen zwischen je 2 Gruppen zufällig (gewissermaßen im Rahmen der Irrtumswahrscheinlichkeit) signifikante Resultate auftreten.

Ein solcher Test für die gleichzeitige Prüfung mehrerer Gruppen besagt bei positivem Ausfall, d.h. bei einem signifikanten Ergebnis, nur, daß irgendwo zwischen den Gruppen Unterschiede vorhanden sind. An welcher Stelle sie aber liegen, kann man aus ihnen nicht zwingend entnehmen. Um dieses festzustellen, müßte man strenggenommen neue Untersuchungsreihen aufstellen für den Vergleich von je 2 Gruppen, zwischen denen man signifikante Differenzen vermutet. In der Praxis weicht man jedoch von dem theoretischen Prinzip ab, und führt vorher geplante, sachlich sinnvolle zusätzliche Prüfungen durch.

An Hand eines Beispiels möchten wir den Ablauf des KRUSKAL-WALLIS-Tests anschaulich machen.-Beispiel: Bei den Versuchen

mit Silone auf 1,4 mm perforierter Metallplatte unter Verwendung von a) keinem Haftmittel, b) Sili-Spray und c) Reto-Haftlack ergaben sich folgende Werte:

Silone auf 1,4 mm perf. Metallplatte

Gruppe I ohne Haftmittel			Gruppe II mit Sili-Spray		Gruppe III mit Reto-Haftlack	
Nr.	Meßwert	Rang-Nr.	Meßwert	Rang-Nr.	Meßwert	Rang-Nr.
1	7885	6,5	5660	5,0	11220	11,0
2	8330	8,0	4720	3,0	12830	15,0
3	9055	10,0	4330	1,0	11500	13,0
4	7885	6,5	4500	2,0	12390	14,0
5	8830	9,0	5330	4,0	11330	12,0
R		40,0		15,0		65,0
R ²		1600,0		225,0		4225,0

Den Meßwerten aller drei Gruppen werden Rangnummern (Spalte 2) zugeteilt und zwar in der Art, daß der kleinste Meßwert die Nr.1, der zweitkleinste die Nr.2 usw. und der größte die letzte Nummer erhält. Haben mehrere Meßergebnisse den gleichen Wert, dann wird an sie gleichmäßig der Mittelwert ihrer Anordnungsnummern vergeben. Die Mittlung der Rangwerte ist dann von Bedeutung, wenn die gleichen Meßwerte in verschiedenen Gruppen auftreten. Z.B.:

Meßwert	Rang-Nr.	Meßwert	Rang-Nr.
2240	1,0	5160	6,0
3490	2,5	4520	5,0
3700	4,0	3490	2,5

Die Numerierung erfolgt ohne Rücksicht darauf, ob der Meßwert in Gruppe I, II oder III steht. Aus den Rangnummern der einzelnen Gruppen werden die Summen R_1 , R_2 , R_3 usw. gebildet.

Unter der Null-Hypothese sind die Meßwerte in den drei Gruppen gleich, damit aber weichen die durchschnittlichen Rangwerte in den Einzelgruppen nur zufällig vom Gesamtdurchschnitt aller Rangwerte ab. Den Begriff "zufällig" kann man sich durch die Vorstellung folgenden Zufallsexperiments verdeutlichen:

Wenn man aus einer Lotterietrommel 15 Lose mit den Rangnummern des obigen Beispiels ziehen und in 3 Gruppen zu je 5 Werten verteilen würde, dann könnte man aus den Rangwerten einer solchen durch ein Zufallsexperiment gewonnenen Tabelle die Summe der Abweichungen der durchschnittlichen Rangwerte in den Spalten vom Gesamtrangwert bilden und quadrieren. Das Ergebnis wäre dann eine Testgröße. Führt man in großer Zahl solche Zufallsexperimente durch, gewinnt man eine große Zahl von Testgrößen, die χ^2 verteilt sind. In der χ^2 Verteilung kann man einen bestimmten Bereich von Testgrößen, die nur selten, z.B. 1% aller Zufallsexperimente auftreten, abgrenzen. Hat man nun den Inhalt einer ganz bestimmten Tabelle auf Zutreffen der Zufallshypothese (Null-Hypothese) zu prüfen, dann errechnet man die Testgröße und stellt fest, ob das Resultat im seltenen Bereich (1%-Bereich) liegt. Ist dies der Fall, dann ist es vernünftig, die Null-Hypothese abzulehnen. Man irrt sich nur in 1% aller Entscheidungen, denn nur in 1% aller Fälle lehnt man im Durchschnitt die Null-Hypothese ab, obwohl sie zutrifft. Wir wählten als Irrtumswahrscheinlichkeit 1% ($P \leq 1\%$). Die Unterschiede zwischen den Meßwerten werden dann als "signifikant", "statistisch gesichert" oder "wesentlich" bezeichnet. Liegt ein Resultat zwischen 1 - 5% vor, dann wird es "statistisch auffällig" genannt ($1\% < P \leq 5\%$). Die Testgröße kann nach arithmetischer Umformung wie folgt berechnet werden:

$$T = \left[\frac{12 \cdot k}{n^2 \cdot (n+1)} \cdot \sum_{i=1}^n R_i^2 \right] - 3 (n + 1)$$

k = Zahl der Spalten oder Gruppen

R = Summe der Rangzahlen einer Spalte

R_1^2 = Quadrate aller Rangzahlensummen von i = 1 bis n (hier=3)

n_1 = Zahl der Fälle in Gruppe i (I)

n = Zahl der Fälle insgesamt $n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$

Fg= Freiheitsgrad = Zahl der Spalten minus 1

Vorbemerkung zu den Versuchen mit perforierten Metallplatten:

Für die Versuche mit perforierten Metallplatten wählten wir Bohrungsdurchmesser von 1,4 mm und 2,5 mm. Wir nahmen absichtlich diese Maße, da die handelsüblichen Abdruckklöffel annähernd diese Perforation aufweisen und auch zum Teil in unserer Klinik Verwendung finden.

Zunächst stellten wir die Versuche nur mit der 2,5 mm durchbohrten Platte an. Aus der Befürchtung heraus, daß sich nicht genügend große Retentionskörperchen (Abb.4) bildeten, hielten wir eine feinere Bohrung nicht für ratsam. Bei anschließenden Versuchen mit der 1,4 mm durchbohrten Metallplatte bewahrheitete sich unsere Befürchtung aber nur teilweise. Sie traf lediglich für Sta-Seal zu, wo wir bei Untersuchungen ohne Haftmittel eine Abreißkraftverminderung im Vergleich zur glatten Metallfläche beobachteten. Bei allen Untersuchungen an der $d = 1,4$ mm perforierten Platte konnte festgestellt werden, daß nicht nur einzelne Retentionskörperchen beim Abziehen des Materials von der Versuchsplatte abrissen, wie dieses bei der $d = 2,5$ mm perforierten Platte der Fall war. Oft blieben ganze Felder mit ca. 10-15, teils über 50 von ca. 100, Retentionskörperchen an der Platte zurück. Die Perforation der Platte wirkte sich bei Verwendung von Sta-Seal so aus, wie die Perforation bei Briefmarken, die sich dadurch leichter vom Bogen trennen lassen, als wenn keine Durchlöcherung bestehen würde.

Zeichenerklärung:

- 1- perforierte Zwischenplatte mit Haken
- 2- Materialblock (z.B. Silone)
- 3- perf.Metallplatte
- 4- Retentionskörperchen

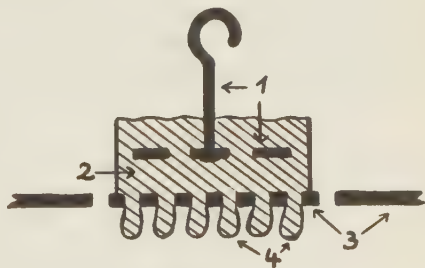


Abb. 4

Versuchsserien:

=====

Zu untersuchende Materialien:

- A) Silikone: 1) Silone
 2) Sta-Seal
 3) Silaplast
- B) Haftmittel: 1) Sili-Spray
 2) Reto-Haftlack

Einteilung der Versuche:

I. Versuchsserie: Silone

- 1.Versuchsreihe: glatte Fläche (Metall)
 - a)ohne Haftmittel
 - b)mit Sili-Spray
 - c)mit Reto-Haftlack
- 2.Versuchsreihe: perforierte Fläche, Bohrung 1,4 mm, dicht
 - a)ohne Haftmittel
 - b)mit Sili-Spray
 - c)mit Reto-Haftlack
- 3.Versuchsreihe: perforierte Fläche, Bohrung 2,5 mm, weit
 - a)ohne Haftmittel
 - b)mit Sili-Spray
 - c)mit Reto-Haftlack
- 4.Versuchsreihe: Palavit-M-Platte, perforiert
 - a)ohne Haftmittel
 - b)mit Sili-Spray
 - c)mit Reto-Haftlack

II. Versuchsserie: Sta-Seal

(Weitere Einteilung wie bei Silone)

III. Versuchsserie: Silaplast

(Weitere Einteilung wie bei Silone)

Vorbemerkung zu den Versuchsserien I und II:

Es wurden absichtlich die Materialien Silone und Sta-Seal in einer Besprechung zusammengefaßt, da sie sich sehr ähneln, was die Versuchsergebnisse nachher noch näher erläutern werden. Silone und Sta-Seal unterscheiden sich außer in ihrer Farbe unserer Meinung nach nur durch ihre Viskosität und der damit verbundenen Elastizität nach dem Abbinden. Sowohl die Anspateltechnik, als auch die Anspatelzeiten und die Vulkanisationszeiten sind bei beiden Abdruckmaterialien gleich. Auch die chemische Zusammensetzung der Grundstoffe scheint sich nicht wesentlich zu unterscheiden; beide sind vermutlich auf Dimethylsiloxan aufgebaut.

Bei allen Versuchen (dieses gilt auch für Silaplast!) drückt K die Kraft aus, die aufgewandt werden muß, um den Versuchskörper von der Unterlage abzureißen. Es war zunächst geplant, die Kraft K in dem Moment zu messen, da sich das Material von dem imitierten Abdrucklöffel löste. Bei der glatten Metallplatte war das aber gar nicht möglich und bei den perforierten Platten nur gelegentlich. Es ließ sich nur schwer feststellen, ob beim Abziehen der Versuchsblock elastisch deformiert wurde oder ob er sich schon von der Unterlage abzulösen begann, zumal die dazu erforderlichen Kräfte teilweise über 10 KP pro Block lagen. Um jede Untersuchung den gleichen Voraussetzungen zu unterwerfen, registrierten wir stets nur die Abreißkraft.

Erläuterungen zu den Versuchsserien I und II:

Bei den ersten Vorversuchen stießen wir auf einige Schwierigkeiten, sie ließen sich auch bei den gewerteten Versuchen bis zum Schluß nicht immer ganz ausmerzen.

- a) Die erste Fehlerquelle lag darin, daß sich das Untersuchungsmaterial (Silone, Sta-Seal) gelegentlich ungleichmäßig von der Grundplatte abhob, was wir darauf zurückführten, daß die durchlöchernte Zwischenplatte nicht jedesmal absolut in die Mitte des Versuchsblocks eingebracht werden konnte. Es wurde vorsorglich schon eine nahezu quadratische Form der Versuchskörper ($23,3 \times 23,7$ mm) gewählt und dieser auch die Zwischenplatte angepaßt, damit nicht, wie es bei rechteckigen, länglichen Blocks leichter geschieht, ein ungleichmäßiges Abheben des Materials von der Grundplatte beim Abzug eintritt.
- b) Da im Gegensatz zu Silone das Material Sta-Seal in seiner Konsistenz dehnungsfähiger und elastischer ist, war es auch etwas schwieriger, die Kastenform zu entfernen. Verschiedentlich hoben sich die spitzen Ausläufer der vier Ecken des Versuchskörpers beim Entfernen der Form von der Unterlage ein wenig ab. Diese Versuche mußten wiederholt werden. Es ist aber möglich, daß gelegentlich dieses Phänomen unbeobachtet eintrat, und dadurch die Versuchsergebnisse leichten Abweichungen unterworfen waren.
- c) Weitere Schwierigkeiten ergaben sich bei den Versuchen mit Sili-Spray. Zunächst glaubten wir, daß das Haftmaterial nicht den Vorschriften entsprechend verarbeitet wurde. Erst nach wiederholten Versuchen, bei denen wir das Sili-Spray in verschiedener Dicke auf die Platte aufsprühten, oder auch das Präparat verschieden lang

antrocknen ließen (bis das Abdruckmaterial aufgetragen wurde), stellten wir fest, daß sich mit diesem Haftmittel nur in wenigen Fällen eine haftvermittelnde Wirkung erzielen ließ. Auf die Verarbeitung des Präparates kommen wir noch speziell in der epikritischen Betrachtung zurück.

I. Versuchsserie, 1. Versuchsreihe:

Silone auf glatter Metallfläche

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher beschrieben.

Anspatelzeit: 30 sec

Abzug nach: 5,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm^2 Fläche:

$$1338,7 \text{ p} \pm 20,3 \text{ p} (1,51 \%)$$

=====

b) mit Sili-Spray

Mit Sili-Spray ist auf glatter Metallfläche keine ausreichende Haftung zu erzielen, der Versuchsblock rutscht auf der Fläche hin und her und läßt sich ohne meßbare Kraft von der Versuchsfläche abheben (Erklärungen dazu folgen auf Seite 56).

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit millerer Abweichung, pro cm^2 Fläche:

$$1929,9 \text{ p} \pm 53,9 \text{ p} (2,79 \%)$$

=====

Versuchstabellen I_{1a,(b),c} umseitig.

Tabellen I_{1a}, (b), c

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
I _{1a}	1	7150	23,3x23,7	5,52	1295,3	43,4
	2	7400	"	"	1340,5	1,8
	3	7550	"	"	1367,7	29,0
	4	7350	"	"	1331,5	7,2
	5	7500	"	"	+ 1358,7	+ 20,0
	zus.				6693,7	101,4
I _{1b}	1	0				
	2	0				
	3	0				
	4	0				
	5	0				
I _{1c}	1	10110	23,3x23,7	5,52	1831,5	98,4
	2	10330	"	"	1871,3	58,6
	3	10720	"	"	1942,0	12,1
	4	11055	"	"	2002,7	72,8
	5	10500	"	"	+ 1902,1	+ 27,8
	zus.				9649,6	269,7

I_{1a}) MW=6693,7:5~1338,7
 MW-Abweichung=101,4:5~20,3
 %) 1338,7:20,3=100:x
 $x = \frac{20300}{13387} \sim 1,51$
 x=1,51%
 Mittlere Abweichung = 1,51%

I_{1c}) MW=9649,6:5~1929,9
 MW-Abw.=269,7:5~53,9
 %) 1929,9:53,9=100:x
 $x = \frac{53900}{19299} = 2,79$
 Mittlere Abweichung = 2,79%

I. Versuchsserie, 2. Versuchsreihe:

Silone auf perforierter Metallfläche, Bohung .1,4 mm, dicht
Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher
beschrieben.

Anspatelzeit: 30 sec

Abzug nach: 5,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

$$1521,2 \text{ p} \pm 79,1 \text{ p} (5,19 \%)$$

=====

b) mit Sili-Spray

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

$$889,1 \text{ p} \pm 85,1 \text{ p} (9,57 \%)$$

=====

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

$$2147,4 \text{ p} \pm 109,6 \text{ p} (5,10 \%)$$

=====

Versuchstabellen I_{2a,b,c} umseitig.

Tabellen I_{2a,b,c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
I _{2a}	1	7885	23,3x23,7	5,52	1428,4	92,8
	2	8330	"	"	1509,0	12,2
	3	9055	"	"	1640,4	119,2
	4	7885	"	"	1428,4	92,8
	5	8830	"	"	+1600,0	+ 78,8
	zus.				7606,2	395,8
I _{2b}	1	5660	"	"	1025,3	136,2
	2	4720	"	"	855,1	34,0
	3	4330	"	"	784,4	104,7
	4	4500	"	"	815,2	73,9
	5	5330	"	"	+ 965,6	+ 76,5
	zus.				4445,6	425,3
I _{2c}	1	11220	"	"	2032,6	114,8
	2	12830	"	"	2324,3	176,9
	3	11500	"	"	2083,3	64,1
	4	12390	"	"	2244,5	97,1
	5	11330	"	"	+2052,5	+ 94,9
	zus.				10737,2	547,8

I_{2a}) MW=7606,2:5~1521,2
 MW-Abw.=395,8:5~79,1
 %) 1521,2:79,1=100:x
 $x = \frac{79100}{15212} = 5,19$

Mittlere Abweichung = 5,19%

I_{2b}) MW=4445,6:5~889,1
 MW-Abw.=425,3:5~85,1
 %) 889,1:85,1=100:x
 $x = \frac{85100}{8891} = 9,57$

Mittlere Abweichung = 9,57%

I_{2c}) MW=10737,2:5~2147,4
 MW-Abw.=547,8:5~109,6
 %) 2147,4:109,6=100:x
 $x = \frac{109600}{21474} = 5,10$

Mittlere Abweichung = 5,10%

I. Versuchsserie, 3. Versuchsreihe:

Silone auf perforierter Metallfläche, Bohrung 2,5 mm, weit
Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher
beschrieben.

Anspatelzeit: 30 sec

Abzug nach: 5,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

$$1492,7 \text{ p} \pm 27,5 \text{ p} (1,842 \%)$$

=====

b) mit Sili-Spray

Keine Haftung erzielbar, wie bei I_{1b}.

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

$$2253,8 \text{ p} \pm 72,2 \text{ p} (3,20 \%)$$

=====

Versuchstabellen I_{3a, (b), c} umseitig.

Tabellen I_{3a,(b),c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
I _{3a}	1	8350	23,3x23,7	5,52	1512,7	20,0
	2	8150	"	"	1476,4	16,3
	3	8450	"	"	1530,8	38,1
	4	7950	"	"	1440,2	52,5
	5	8300	"	"	+ 1503,6	+ 10,9
	zus.				7463,7	137,8
I _{3b}	1	0				
	2	0				
	3	0				
	4	0				
	5	0				
I _{3c}	1	12555	23,3x23,7	5,52	2272,6	18,8
	2	11555	"	"	2093,3	160,5
	3	12330	"	"	2233,7	20,1
	4	12610	"	"	2284,4	30,6
	5	13165	"	"	+ 2385,0	+ 131,2
	zus.				11269,0	361,2

1_{3a}) $MW = 7463,7:5 \sim 1492,7$
 $MW-Abw. = 137,8:5 \sim 27,5$
 $\%) 1492,7:27,5=100:x$

$$x = \frac{27500}{14927} = 1,842$$

Mittlere Abweichung = 1,842%

1_{3c}) $MW = 11269,0:5 \sim 2253,8$
 $MW-Abw. = 361,2:5 \sim 72,2$
 $\%) 2253,8:72,2=100:x$

$$x = \frac{72200}{22538} = 3,20$$

Mittlere Abweichung = 3,20%

I. Versuchsserie, 4. Versuchsreihe:

Silone auf perforierter Palavit-M-Platte

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher beschrieben.

Anspatelzeit: 30 sec

Abzug nach: 5,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm^2 Fläche:

$$\underline{\underline{909,4 \text{ p} \pm 57,2 \text{ p} (6,29 \%)}}$$

b) mit Sili-Spray

Keine Haftung erzielbar, wie bei I_{1b}.

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm^2 Fläche:

$$\underline{\underline{1523,3 \text{ p} \pm 99,9 \text{ p} (6,55 \%)}}$$

Versuchstabellen I_{4a, (b), c} umseitig.

Tabellen I_{4a,(b),c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
I _{4a}	1	4940	23,3x23,7	5,52	894,9	14,5
	2	5500	"	"	996,3	86,9
	3	5330	"	"	965,6	56,2
	4	4330	"	"	784,4	125,0
	5	5000	"	"	+ 905,8	+ 3,6
	zus.				4547,0	286,2
I _{4b}	1	0				
	2	0				
	3	0				
	4	0				
	5	0				
I _{4c}	1	7665	23,3x23,7	5,52	1388,5	134,8
	2	8775	"	"	1589,7	66,4
	3	7775	"	"	1408,5	114,8
	4	9055	"	"	1640,4	117,1
	5	8775	"	"	+ 1589,7	+ 66,4
	zus.				7616,8	499,5

I_{4a}) $MW = 4547,0 : 5 = 909,4$
 $MW-Abw. = 286,2 : 5 = 57,2$
 $\%) 909,4 : 57,2 = 100 : x$
 $x = \frac{57200}{9094} = 6,29$
Mittlere Abweichung = 6,29%

I_{4c}) $MW = 7616,8 : 5 = 1523,3$
 $MW-Abw. = 499,5 : 5 = 99,9$
 $\%) 1523,3 : 99,9 = 100 : x$
 $x = \frac{99900}{15233} = 6,55$
Mittlere Abweichung = 6,55%

II. Versuchsserie, 1.Versuchsreihe:

Sta-Seal auf glatter Metallfläche

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher beschrieben.

Anspatelzeit: 30 sec

Abzug nach: 5,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

$$1157,6 \text{ p} \pm 40,2 \text{ p} (3,47 \%)$$

=====

b) mit Sili-Spray

Keine Haftung erzielbar, wie bei I_{1b}.

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

$$1751,1 \text{ p} \pm 108,8 \text{ p} (6,21 \%)$$

=====

Versuchstabellen II_{1a,(b),c} umseitig.

Tabellen II_{1a,(b),c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
II _{1a}	1	6550	23,3x23,7	5,52	1186,6	29,0
	2	6075	"	"	1100,5	57,1
	3	6150	"	"	1114,1	43,5
	4	6600	"	"	1195,6	38,0
	5	6575	"	"	+ 1191,1	+ 33,5
	zus.				5787,9	201,1
II _{1b}	1	0				
	2	0				
	3	0				
	4	0				
	5	0				
II _{1c}	1	9330	23,3x23,7	5,52	1690,2	60,9
	2	8500	"	"	1539,2	211,3
	3	10000	"	"	1811,6	60,5
	4	10390	"	"	1882,2	131,1
	5	10110	"	"	+ 1831,5	+ 80,4
	zus.				8755,3	544,2

II_{1a}) MW = 5787,9:5 ~ 1157,6
 MW-Abw. = 201,1:5 ~ 40,2
 %) 1157,6 : 40,2 = 100 : x

$$x = \frac{40200}{11576} = 3,47$$

Mittlere Abweichung = 3,47%

II_{1c}) MW = 8755,3:5 ~ 1751,1
 MW-Abw. = 544,2:5 ~ 108,8
 %) 1751,1 : 108,8 = 100 : x

$$x = \frac{108800}{17511} = 6,21$$

Mittlere Abweichung = 6,21%

II. Versuchsserie, 2. Versuchsreihe:

Sta-Seal auf perforierter Metallfläche, Bohrung 1,4 mm,
dicht

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher
beschrieben.

Anspatelzeit: 30 sec

Abzug nach: 5,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

1078,6 p $\pm$ 43,2 p (4,05 %)

=====

b) mit Sili-Spray

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

982,0 p $\pm$ 69,4 p (7,067 %)

=====

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

2077,5 p $\pm$ 57,5 p (2,76 %)

=====

Versuchstabellen II_{2a, b, c} umseitig.

Tabellen II_{2a,b,c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
II _{2a}	1	6555	23,3x23,7	5,52	1186,6	108,0
	2	5890	"	"	1067,0	11,6
	3	5610	"	"	1016,3	62,3
	4	5830	"	"	1056,1	22,5
	5	5890	"	"	+ 1067,0	+ 11,6
	zus.				5393,0	216,0
II _{2b}	1	5945	"	"	1077,0	95,0
	2	4610	"	"	835,1	146,9
	3	5720	"	"	1036,2	54,2
	4	5275	"	"	955,6	26,4
	5	5555	"	"	+ 1006,3	+ 24,3
	zus.				4910,2	346,8
II _{2c}	1	10775	"	"	1952,0	125,5
	2	11390	"	"	2063,4	14,1
	3	11720	"	"	2105,0	27,5
	4	11445	"	"	2073,3	4,2
	5	12110	"	"	+ 2193,8	+ 116,3
	zus.				10387,5	287,6

II_{2a}) $MW = 5393,0 : 5 = 1078,6$
 $MW-Abw. = 216,0 : 5 = 43,2$
 %) $1078,6 : 43,2 = 100 : x$
 $x = \frac{43200}{10786} = 4,05$
 Mittlere Abweichung = 4,05%

II_{2b}) $MW = 4910,2 : 5 \sim 982,0$
 $MW-Abw. = 346,8 : 5 \sim 69,4$
 %) $982,0 : 69,4 = 100 : x$
 $x = \frac{6940}{982} = 7,067$
 Mittlere Abweichung = 7,067%

II_{2c}) $MW = 10387,5 : 5 = 2077,5$
 $MW-Abw. = 287,6 : 5 \sim 57,5$
 %) $2077,5 : 57,5 = 100 : x$
 $x = \frac{57500}{20775} = 2,76$
 Mittlere Abweichung = 2,76%

II. Versuchsserie, 3. Versuchsreihe:

Sta-Seal auf perforierter Metallfläche, Bohrung 2,5 mm
weit

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher
beschrieben.

Anspatelzeit: 30 sec

Abzug nach: 5,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

1268,1 p $\pm$ 38,0 p (2,996 %)

=====

b) mit Sili-Spray

Keine Haftung erzielbar, wie bei I_{1b}.

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

1793,3 p $\pm$ 103,0 p (5,75%)

=====

Versuchstabellen II_{3a, (b), c} umseitig.

Tabellen II_{3a,(b),c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
II _{3a}	1	7300	23,3x23,7	5,52	1322,4	52,5
	2	6800	"	"	1231,9	38,0
	3	7225	"	"	1308,8	38,9
	4	6850	"	"	1240,9	29,0
	5	6875	"	"	+1245,4	+24,5
	zus.				6349,4	182,9
II _{3b}	1	0				
	2	0				
	3	0				
	4	0				
	5	0				
	zus.					
II _{3c}	1	9555	23,3x23,7	5,52	1731,0	62,3
	2	9220	"	"	1670,3	123,0
	3	9500	"	"	1721,0	72,3
	4	10500	"	"	1902,1	108,8
	5	10720	"	"	+1942,0	+148,7
	zus.				8966,4	515,1

II_{3a}) $MW = 6349,4:5 \sim 1269,9$
 $MW-Abw. = 182,9:5 \sim 36,6$
 $\%) 1269,9:36,6=100:x$
 $x = \frac{36600}{12699} = 2,882$

Mittlere Abweichung = 2,882 %

II_{3c}) $MW = 8966,4:5 \sim 1793,3$
 $MW-Abw. = 515,1:5 \sim 103,0$
 $\%) 1793,3:103,0=100:x$
 $x = \frac{103000}{17933} = 5,75$

Mittlere Abweichung = 5,75 %

II. Versuchsserie, 4. Versuchsreihe:

Sta-Seal auf perforierter Palavit-M-Platte

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher beschrieben.

Anspatelzeit: 30 sec

Abzug nach: 5,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm^2 Fläche:

$$998,2 \text{ p} \pm 46,0 \text{ p} (4,608 \%)$$

=====

b) mit Sili-Spray

Keine Haftung erzielbar, wie bei I_{1b}.

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm^2 Fläche:

$$1404,9 \text{ p} \pm 37,0 \text{ p} (2,63 \%)$$

=====

Versuchstabellen II_{4a, (b), c} umseitig.

Tabellen II_{4a,(b),c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
II _{4a}	1	6000	23,3x23,7	5,52	1086,9	88,7
	2	5610	"	"	1016,3	18,1
	3	5330	"	"	965,6	32,6
	4	5055	"	"	915,7	82,5
	5	5555	"	"	+ 1006,3	+ 8,1
	zus.				4990,8	230,0
II _{4b}	1	0				
	2	0				
	3	0				
	4	0				
	5	0				
II _{4c}	1	7775	23,3x23,7	5,52	1408,5	3,6
	2	7390	"	"	1338,7	66,2
	3	7610	"	"	1378,6	26,3
	4	7890	"	"	1429,3	24,4
	5	8110	"	"	+1469,2	+ 64,3
	zus.				7024,3	184,8

II_{4a}) MW= 4990,8:5~998,2
 MW-Abw.= 230,0:5= 46,0
 %) 998,2 : 46,0 = 100 : x
 $x = \frac{46000}{9982} = 4,608$

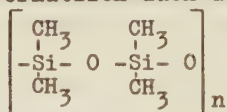
Mittlere Abweichung = 4,608 %

II_{4c}) MW= 7024,3:5~1404,9
 MW-Abw.= 184,8:5~37,0
 %) 1404,9 : 37,0 = 100 : x
 $x = \frac{37000}{14049} = 2,63$

Mittlere Abweichung = 2,63 %

Vorbemerkung und Erläuterung zur Versuchsserie III:

Silaplast ist vermutlich auch auf Dimethylpolysiloxan aufgebaut.



In seiner weiteren Zusammensetzung, Verarbeitung und Anmischung unterscheidet es sich allerdings wesentlich von Silone und Sta-Seal. Das Präparat wird getrennt als knetbare Masse in Dosen und Härter in Flaschen geliefert. Es ähnelt der Plastiline und scheint mit Quarzsand verstärkt zu sein. Jedenfalls konnte man histologisch zahlreiche gleichmäßige, rechteckige bis rhombische Kristalle feststellen.

Die Vulkanisation wird beim Vermengen einer bestimmten Menge Silaplast mit einer entsprechenden Menge Härter eingeleitet (laut Gebrauchsanweisung pro Meßbecher Silaplast 1 Meßlöffel gestrichen voll Härter). Die Silaplast-Masse dient als Erstabdruck, während mit Silasoft der Korrekturabdruck durchgeführt wird. Silaplast eignet sich besonders gut zur Abdrucknahme für Inlays, Kronen, Brücken und Gußarbeiten aus Chrom-Kobalt-Legierungen und weist trotz hoher Steifheit eine ausreichende Elastizität auf. Schwierigkeiten, die während der Verarbeitung und der Versuche mit Silaplast auftraten, möchten wir noch erläutern, um gewisse Differenzen der Ergebnisse in den Versuchsreihen zu klären.

- a) Silaplast wird in der Hand mit dem Härter verknetet, bis es eine geschmeidige Plastizität aufweist. Da aber Silaplast flüssigkeitsabstoßend wirkt, ist es nicht immer möglich, den ganzen Härter einzukneten, etwas davon bleibt trotz größter Sorgfalt auf dem Mischblock oder an den Fingern zurück.
- b) Die benötigte Menge Härter läßt sich durch den Meßlöffel nicht genau bestimmen. Dieser soll nach Gebrauchsanweisung gestrichen voll sein. Da aber der Härter eine adhärente Flüssigkeit ist, d.h. der Flüssigkeitsspiegel am Gefäßrand

höher liegt als in der Mitte, ist es praktisch möglich, den Löffel z.B. mit 28, 30 oder 32 Tropfen zu füllen, ohne daß man einen merkbaren Unterschied im Flüssigkeitsniveau feststellen könnte.

- c) Wenn Silaplast nur wenige Augenblicke zu lange geknetet wurde, war es für die Untersuchungen unbrauchbar geworden. In diesen Fällen bestand die Gefahr, daß beim Eindrücken der Zwischenplatte in den Versuchsblock das Material an der Oberfläche nur noch geringfügig miteinander verbunden blieb. Diese Versuche mußten stets wiederholt werden.

III. Versuchsserie, 1. Versuchsreihe:

Silaplast auf glatter Metallfläche

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher beschrieben, nur die Abbindezeit ist anders.

Anknetzeit: ca. 30 sec, bis Material weich und geschmeidig ist.

Abzug nach: 3,5 min

a) ohne Haftmittel

Keine Haftung erzielbar, Versuchsblock löst sich ohne weiteres schon bei der Entfernung der Form von der glatten Metallplatte.

b) mit Sili-Spray

Keine Haftung erzielbar, wie bei I_{1b}.

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlere Abweichung, pro cm² Fläche:

$$1030,2 \text{ p} \pm 37,8 \text{ p} (3,67 \%)$$

=====

Versuchstabellen III₁ (a), (b), c umseitig.

Tabellen III_{1(a),(b),c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
III _{1a}	1	0	23,3x23,7	5,52		
	2	0	"	"		
	3	0	"	"		
	4	0	"	"		
	5	0	"	"		
III _{1b}	1	0	"	"		
	2	0	"	"		
	3	0	"	"		
	4	0	"	"		
	5	0	"	"		
III _{1c}	1	6055	"	"	1096,9	66,7
	2	5720	"	"	1036,2	6,0
	3	5720	"	"	1036,2	6,0
	4	5775	"	"	1046,2	16,0
	5	5165	"	"	+ 935,7	+ 94,5
	zus.				5151,2	189,2

III_{1c}) MW= 5151,2 : 5~1030,2
 MW-Abw.= 189,2 : 5~37,8
 %) 1030,2:37,8=100:x

$$x = \frac{37800}{10302} = 3,67$$

Mittlere Abweichung = 3,67 %

III. Versuchsserie, 2. Versuchsreihe:

Silaplast auf perforierter Metallfläche, Bohrung 1,4 mm, dicht

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher beschrieben, nur die Abbindezeit ist anders.

Anknetzeit: 30 sec, bis Material weich und geschmeidig ist.

Abzug nach: 3,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm^2 Fläche:

1305,8 p $\pm$ 175,4 p (13,43 %)

=====

b) mit Sili-Spray

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm^2 Fläche:

1686,6 p $\pm$ 176,1 p (10,44 %)

=====

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm^2 Fläche:

1450,9 p $\pm$ 51,5 p (3,55 %)

=====

Versuchstabellen III_{2a, b, c} umseitig.

Tabellen III_{2a,b,c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
III _{2a}	1	7610	23,3x23,7	5,52	1378,6	72,8
	2	8110	"	"	1469,2	163,4
	3	6330	"	"	1146,7	159,1
	4	5390	"	"	976,4	329,4
	5	8055	"	"	+ 1458,3	+ 152,5
	zus.				6529,2	877,2
III _{2b}	1	8165	"	"	1479,1	207,5
	2	8390	"	"	1520,0	166,6
	3	10330	"	"	1871,3	184,7
	4	8945	"	"	1620,5	66,1
	5	10720	"	"	+ 1942,0	+ 255,4
	zus.				8432,9	880,3
III _{2c}	1	7775	"	"	1408,5	42,4
	2	8720	"	"	1579,7	128,8
	3	8000	"	"	1449,2	1,7
	4	7720	"	"	1398,5	52,4
	5	7830	"	"	+ 1418,5	+ 32,4
	zus.				7254,4	257,7

III_{2a}) $MW = 6529,2:5 \sim 1305,8$
 $MW-Abw. = 877,2:5 \sim 175,4$
 $\%) 1305,8:175,4 = 100:x$
 $x = \frac{17540}{13058} = 13,43$

Mittlere Abweichung = 13,43%

III_{2b}) $MW = 8432,9:5 \sim 1686,6$
 $MW-Abw. = 880,3:5 \sim 176,1$
 $\%) 1686,6:176,1 = 100:x$
 $x = \frac{176100}{16866} = 10,44$

Mittlere Abweichung = 10,44%

III_{2c}) $MW = 7254,4:5 \sim 1450,9$
 $MW-Abw. = 257,7:5 \sim 51,5$
 $\%) 1450,9:51,5 = 100:x$
 $x = \frac{51500}{14509} = 3,55$

Mittlere Abweichung = 3,55%

III. Versuchsserie, 3. Versuchsreihe:

Silasplast auf perforierter Metallfläche, Bohrung 2,5 mm, weit

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher beschrieben, nur die Abbindezeit ist anders.

Anknetzeit: ca. 30 sec, bis Material weich und geschmeidig ist.

Abzug nach: 3,5 min

a) ohne Haftmittel

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

738, 4 p $\pm$ 89,3 p (12,09 %)
=====

b) mit Sili-Spray

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

903,2 p $\pm$ 66,8 p (7, 39 %)
=====

c) Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

1277,7 p $\pm$ 88,6 p (6,93 %)
=====

Versuchstabellen III_{3a, b, c} umseitig.

Tabellen III_{3a,b,c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in ² cm	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
III _{3a}	1	4610	23,3x23,7	5,52	835,1	96,7
	2	3555	"	"	644,0	94,4
	3	3610	"	"	654,0	84,4
	4	3830	"	"	693,8	44,6
	5	4775	"	"	+ 865,0	+ 126,6
	zus.				3691,9	446,7
III _{3b}	1	5385	"	"	975,5	72,3
	2	5275	"	"	955,6	52,4
	3	5220	"	"	945,6	42,4
	4	4385	"	"	794,4	108,8
	5	4665	"	"	+ 845,1	+ 58,1
	zus.				4516,2	334,0
III _{3c}	1	5830	"	"	1056,1	221,6
	2	7385	"	"	1337,8	60,1
	3	7165	"	"	1298,0	20,3
	4	7165	"	"	1298,0	20,3
	5	7720	"	"	+ 1398,5	+ 120,8
	zus.				6388,4	443,1

III_{3a}) MW= 3691,9:5~738,4
 MW-Abw.= 446,7:5~89,3
 %) 738,4:89,3=100:x
 $x = \frac{89300}{7384} = 12,09$

Mittlere Abweichung = 12,09%

III_{3b}) MW= 4516,2:5~903,2
 MW-Abw.= 334,0:5=66,8
 %) 903,2:66,8=100:x
 $x = \frac{66800}{9032} = 7,39$

Mittlere Abweichung = 7,39%

III_{3c}) MW= 6388,4 : 5~1277,7
 MW-Abw.= 443,1:5~88,6
 %) 1277,7:88,6=100:x
 $x = \frac{88600}{12777} = 6,93$

Mittlere Abweichung = 6,93%

III. Versuchsserie, 4. Versuchsreihe:

Silaplast auf perforierter Palavit-M-Platte

Versuchsablauf, Apparatur und Berechnung wie vorher beschrieben, nur die Abbindezeit ist anders.

Anknetzeit: ca. 30 sec, bis Material weich und geschmeidig ist.

Abzug nach: 3,5 min

a) ohne Haftmittel

Keine Haftung erzielbar, wie bei III_{1a}.

b) mit Sili-Spray

Keine Haftung erzielbar, wie bei I_{1b}.

c) mit Reto-Haftlack

Mittelwert mit mittlerer Abweichung, pro cm² Fläche:

1062,5 p $\pm$ 53,3 p (5,016 %)

=====

Versuchstabellen III₄ (a), (b), c umseitig.

Tabellen III_{4(a),(b),c}

	Ver- such Nr.:	K=Kraft in p	Kanten- länge in mm	F=Fläche in ² cm ²	$\frac{K}{F}$ in p/cm ²	MW-Diff. in p
III _{4a}	1	0	23,3x23,7	5,52		
	2	0	"	"		
	3	0	"	"		
	4	0	"	"		
	5	0	"	"		
III _{4b}	1	0	"	"		
	2	0	"	"		
	3	0	"	"		
	4	0	"	"		
	5	0	"	"		
III _{4c}	1	5720	"	"	1036,2	26,3
	2	6165	"	"	1116,8	54,3
	3	5275	"	"	955,6	106,9
	4	6165	"	"	1116,8	54,3
	5	6000	"	"	+ 1087,0	+ 24,5
	zus.				5312,4	266,3

III_{4c}) MW= 5312,4 : 5 ~ 1062,5
 MW-Abw.= 266,3:5 ~ 53,3
 %) 1062,5 : 53,3 = 100 : x
 $x = \frac{53300}{10625} = 5,016$

Mittlere Abweichung = 5,016 %

Zusammenstellung der Mittelwertsergebnisse (berechnet für
1cm² Fläche)

Tabelle IV

S I L A P L A S T

Haftmittel	glatte Fläche	perf.Fl. 1,4mm eng	perf.Fl. 2,5mm weit	Palavit-M perforiert
ohne	0	1305,8 p	738,4 p	0
Sili-Spray	0	1686,6 p	903,2 p	0
Reto-Haftlack	1030,2 p	1450,9 p	1277,7 p	1062,5 p

S I L O N E

Haftmittel	glatte Fläche	perf.Fl. 1,4mm eng	perf.Fl. 2,5mm weit	Palavit-M perforiert
ohne	1338,7 p	1521,2 p	1492,7 p	909,4 p
Sili-Spray	0	889,1 p	0	0
Reto-Haftlack	1929,9 p	2147,4 p	2253,8 p	1523,3 p

S T A - S E A L

Haftmittel	glatte Fläche	perf.Fl. 1,4mm eng	perf.Fl. 2,5mm weit	Palavit-M perforiert
ohne	1157,6 p	1078,6 p	1269,9 p	998,2 p
Sili-Spray	0	982,0 p	0	0
Reto-Haftlack	1751,1 p	2077,5 p	1793,3 p	1404,9 p

Erklärung der unterschiedlichen Meßergebnisse bei den
Einzelversuchen:

Bevor wir auf Einzelheiten der Versuchsreihen und -serien eingehen, möchten wir die unterschiedlichen Meßergebnisse bei den Einzelversuchen begründen:

- a) Ein genaues Mischverhältnis von Silikonpaste und Reaktol ist nicht zu erreichen. Laut Firmenangabe soll z.B. bei Silone pro Zentimeter ausgedrückter Paste ein Tropfen Reaktol genommen werden. Da aber der Fingerdruck auf die Tube nie genau dosiert werden kann, besteht die Möglichkeit, daß hin und wieder einige Milligramm Masse mehr oder weniger aus der Tube auf den Mischblock gebracht wurden. Eine ähnliche Ungenauigkeit kann durch die verschiedene Geschwindigkeit entstehen, mit der die Tube über den Mischblock geführt wird. Die Abbindegeschwindigkeit wird dann durch die Menge des Reaktols bestimmt, und auch hier läßt sich nie eine hundertprozentig genau gleich große Tropfengröße erzielen. K.SENDTNER¹¹ sagt dazu:
"Der Umfang der Beimengung (des Vulkanisationskatalysators sog.Härter) gestattet eine weitgehende Variierung der Vulkanisationszeiten." Wir gaben uns zwar die größte Mühe, stets eine nahezu gleiche Silikonmenge auf den Block zu bringen, aber die geringste Ungenauigkeit wird sich merkbar im Meßergebnis niedergeschlagen haben.
- b) Die Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur des Raumes, in dem wir die Versuche vornahmen, war nicht immer konstant.
- c) Bei der begrenzten Anmischzeit von ca. 30 sec ist ein einwandfreies Durchspateln nicht immer möglich.

- d) Die Metallplatten und die Palavit-M-Platte (simulierte Abdrucklöffel) sind trotz Abwaschens mit einem fettlösenden Mittel (Spiritus) vor jedem Versuch nicht einwandfrei zu reinigen. Schon ein Fingerabdruck hinterläßt eine dünne Fettschicht, die die Haftung des Materials an der Unterlage beeinträchtigt, aber auf diesen Punkt wird in der Praxis wohl seltener geachtet werden können.
- f) Von großer Bedeutung ist die Spanngeschwindigkeit der Federwaage bis zur Materialablösung. Sie kann verschieden schnell abgezogen werden, obwohl wir durch Vorversuche die Spanngeschwindigkeit trainierten. Bei schnellem Ziehen wird K größer als bei langsamem Ziehen.

Aus diesen Erwägungen wurden die Mittelwerte aus je 5 Versuchen errechnet.

Erläuterungen zu den Signifikanztabellen VIII - IX:

In den Signifikanztabellen VIII und IX sind alle 26 KRUSKAL-WALLIS-Testergebnisse zusammengefaßt.

Die Tabelle VIII gibt die 3 Hauptuntersuchungen wieder, bei denen (wie ablesbar) ohne Rücksicht auf die Versuchsgruppen alle Ergebnisse zusammen getestet wurden. Nach jeweils nur einer der 3 Bedingungen wurden die Gruppen einmal nach Haftmitteln, dann nach Materialien und schließlich nach Flächen geordnet. In der letzten Spalte der beiden Tabellen gibt das positive Zeichen an, ob der Test statistisch gesichert ist, steht dieses Zeichen in Klammern (+), so bedeutet es, daß hier eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 - 5 % vorliegt. Das Ergebnis ist also statistisch auffällig. Die Tabelle IX zeigt die weiteren statistischen Untersuchungsergebnisse. Es wurden hier die Meßwerte neuen und genaueren Tests unterworfen, um mit noch größerer Sicherheit Aussagen darüber machen zu können, ob die Meßwerte statistisch gesichert sind (s. "Statistische Methodik" Seite 10).

Signifikanztabelle VIII

Nr.:	Unterschiede zwischen:	Signifikanz
1	Haftmitteln ohne Berücksichtigung von Material und Flächen **	+
2	Materialien ohne Berücksichtigung von Haftmitteln und Flächen **	+
3	Flächen ohne Berücksichtigung von Haftmitteln und Material **	+

*) Untergruppen, die durchgehend Nullwerte aufwiesen, wurden weggelassen.

**) Die Nullwerte wurden mit berücksichtigt.

(Diese Fußnoten gelten auch für die Signifikanztabelle IX S.49)

Zu dieser Tabelle gehören die graphischen Darstellungen V, VI und VII (S.51 - 53).

Signifikanztabelle IX

Nr.:	Unterschiede zwischen:	Signifikanz
I	(Zeilen der Mittelwertstabelle S.44) Prüfung auf Unterschiede zwischen den Flächen in Gruppen, die durch Material und Haftmittel gekennzeichnet sind:*	
1a	innerhalb Silaplast ohne Haftmittel	+
b	innerhalb Silaplast mit Sili-Spray	+
c	innerhalb Silaplast mit Reto-Haftlack	+
2a	innerhalb Silone ohne Haftmittel	+
b	innerhalb Silone mit Reto-Haftlack	+
3a	innerhalb Sta-Seal ohne Haftmittel	+
b	innerhalb Sta-Seal mit Reto-Haftlack	+
II	(Spalten der Mittelwertstabelle S.44) Prüfung auf Unterschiede zwischen den Haftmitteln in Gruppen, die durch Material und Fläche gekennzeichnet sind:*	
1a	innerh.Silaplast auf 1,4mm perf.Platte	(+)
b	innerh.Silaplast auf 2,5mm perf.Platte	+
2a	innerh.Silone auf glatter Metallplatte	+
b	innerh.Silone auf 1,4mm perf.Platte	+
c	innerh.Silone auf 2,5mm perf.Platte	+
d	innerh.Silone auf perf.Palavit-M-Platte	+
3a	innerh.Sta-Seal auf glatter Metallpl.	+
b	innerh.Sta-Seal auf 1,4mm perf.Platte	+
c	innerh.Sta-Seal auf 2,5mm perf.Platte	+
d	innerh.Sta-Seal auf perf.Palavit-M-Pl.	+
III	Prüfung auf Unterschiede zwischen Gruppen, die durch Haftmittel und Fläche gekennzeichnet sind innerhalb eines Materials:*	
1	Silaplast	+
2	Silone	+
3	Sta-Seal	+
IV	Prüfung auf Unterschiede zwischen Gruppen, die durch Kombination von Material und Haftmittel gekennzeichnet sind ohne Berücksichtigung der Fläche:**	+
V	Prüfung auf Unterschiede zwischen Gruppen, die durch Kombination von Fläche u. Haftmittel gekennzeichnet sind ohne Berücksichtigung des Materials:**	+
VI	Prüfung auf Unterschiede zwischen Gruppen, die durch Kombination von Material und Fläche gekennzeichnet sind ohne Berücksichtigung d.Haftmittel:**	+

Erläuterungen zu den graphischen Darstellungen (V, VI und VII):

In den Tafeln V, VI und VII sind die Meßergebnisse aller gewerteten Versuche mit Silaplast, Silone und Sta-Seal in Form von Balkendarstellungen wiedergegeben. Jeder Grundbalken bildet mit 5 kurzen senkrechten Bälkchen eine Einheit, die jeweils eine Versuchsgruppe von je 5 Messungen unter den beschriebenen Bedingungen darstellt. Befinden sich auf einem Grundbalken zwei senkrechte Bälkchen direkt übereinander, so bedeutet das, daß hier zwei gleiche Meßergebnisse innerhalb einer Gruppe vorliegen. Aus den Tafeln lassen sich Folgerungen über die Empfehlbarkeit der Materialien ziehen, und zwar ist die Einheit, die auf jeder Tafel am weitesten rechts steht und sich mit keiner anderen überschneidet, am empfehlenswertesten. Befinden sich aber auf einer Tafel zwei Einheiten, die sich in ihren Werten teilweise oder völlig überschneiden, wie z.B. bei Tafel VII "Sta-Seal" die Balken $F_1 - R$ und $F_3 - R$, so kann man nicht sagen, daß eine Verarbeitungsweise des Materials viel besser als die andere ist, beide sind zu empfehlen. Um welche Einheiten es sich bei allen drei Materialien handelt, läßt sich leicht an Hand der Tafeln und der Zeichenerklärung ablesen. Man könnte auch pro Tafel eine Rangordnung der Einheiten aufstellen, um daraus jeweils das Material unter der günstigsten Verarbeitung zu ermitteln, auch hier steht die empfehlenswerteste Einheit rechts.

Z.B.: Silaplast:

$$F_3\text{-oH} < F_3\text{-S} < F_1\text{-R} < F_4\text{-R} < F_3\text{-R} < F_2\text{-oH} < F_2\text{-R} < F_2\text{-S} *$$

Zeichenerklärung:

F_1 = glatte Fläche

F_2 = 1,4 mm perf.Fläche

F_3 = 2,5 mm perf.Fläche

F_4 = Palavit-M perforiert

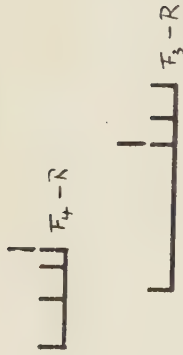
oH = ohne Haftmittel

S = Sili-Spray

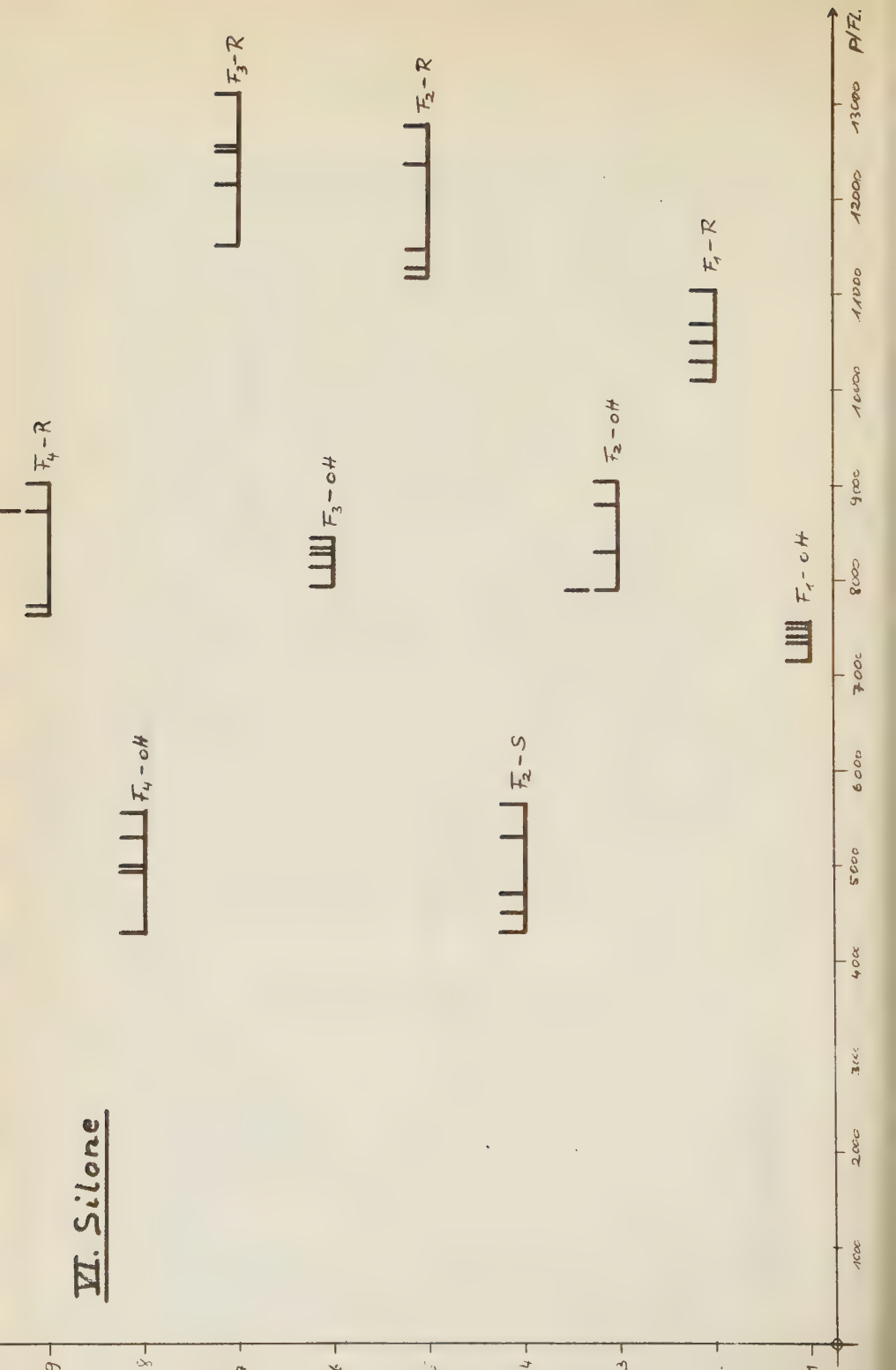
R = Reto-Haftlack

*) Diese Resultate gehen aus der Betrachtung der Tafeln V, VI und VII hervor und stehen außerhalb der statistischen Signifikanztests.

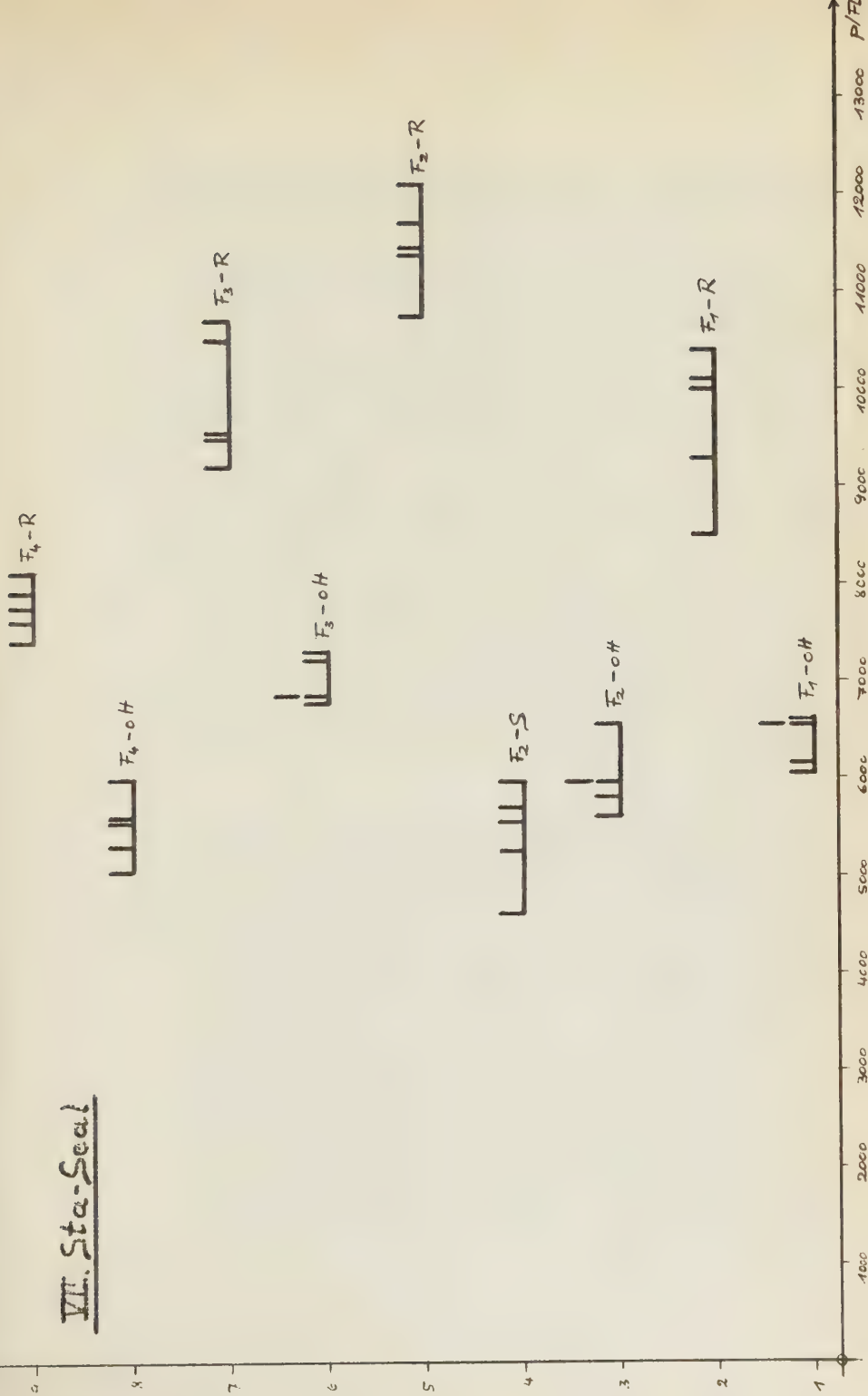
V. Silaplast



VI. Silone



VII. Sta-Seal



Berechnung der Haftkraft, bezogen auf einen mittleren

OK - Löffel:

Von gewisser Bedeutung ist die Haftkraft der Abformmasse am gesamten Abdrucklöffel. Da die Silikone in den meisten Fällen als Abformmaterial für Kronen, Brücken, Inlays und skelettierte Teilprothesen (Gußarbeiten aus Chrom-Kobalt-Legierungen) Verwendung finden, und hierfür meist individuelle Löffel benutzt werden, beschränken wir uns mit der Umrechnung auf einen mittleren individuellen OK-Löffel etwa von der Größe 2, dessen Innenfläche ca. 25 cm^2 beträgt. Es wäre aber nicht korrekt, auch die Seitenwände eines Abdrucklöffels als reine Haftflächen zu bezeichnen, wie etwa die Bodenfläche des Löffels, obwohl sie doch wesentlich zur Retention der Abformmasse beitragen. An den Seitenwänden wirken neben den Haftkräften beim Abzug auch noch Gleit- und Scherkräfte, deren Größen vom Material und der Wandbeschaffenheit des Löffels abhängen.

Durchschnittlich wird eine Kraft von ca. 25 KP benötigt, um beim Abziehen des Abdrucks den Vakuumsog und die Adhäsions- bzw. Kohäsionskräfte des Speichelfilms zu überwinden. Wie die Versuche mit Silone, Sta-Seal und Silaplast zeigen, wird dieser Wert von 25 KP bei den meisten Versuchsreihen erreicht oder überschritten. Somit ist eine Gewähr gegeben, daß die Abformmasse im Löffel haftet und gröbere Ungenauigkeiten vermieden werden, die beim Ablösen des Abdrucks vom Löffel eintreten. Um Beschädigungen des Abdrucks zu vermeiden, ist es empfehlenswert, ihn im Munde mit dem Zeigefinger zu lösen und dann durch leichtes Schaukeln zu lockern und herauszunehmen.

Tabelle X umseitig.

Haftkraft des Abdrucks im OK - Löffel, Größe 2 o:
=====

Tabelle X

FLÄCHEN	SILONE	STA-SEAL	SILAPLAST
glatt, ohne Haftmittel	33,468 KP	28,940 KP	0
" , mit Sili-Spray	0	0	0
" , mit Reto-Haftlack	48,248 KP	43,778 KP	25,755 KP
1,4mm perf. ohne Haftmittel	38,030 KP	26,965 KP	32,645 KP
" " mit Sili-Spray	22,228 KP	24,550 KP	42,165 KP
" " mit Reto-Haftl.	53,685 KP	51,938 KP	36,273 KP
2,5mm perf. ohne Haftmittel	37,318 KP	31,747 KP	18,460 KP
" " mit Sili-Spray	0	0	22,580 KP
" " mit Reto-Haftl.	56,345 KP	44,833 KP	31,943 KP
Palavit-M, ohne Haftmittel	22,735 KP	24,955 KP	0
" mit Sili-Spray	0	0	0
" mit Reto-Haftl.	38,083 KP	35,123 KP	26,563 KP

Diskussion:

Die durchgeführten physikalischen Versuche haben gezeigt, daß die drei Silikonpräparate (Silaplast, Silone und Sta-Seal) ein verschiedenes Haftvermögen auf unterschiedlich präparierten Platten besitzen. Während Silone und Sta-Seal eine gewisse Parallelität der Versuchsergebnisse aufweisen, fanden sich bei Silaplast abweichende Resultate. Besonders auffällig beeinflussten die Haftmittel Sili-Spray und Reto-Haftlack die Ergebnisse. Das verdeutlicht ein vergleichender Blick auf die Tabelle der Mittelwerte (S.44).

Mit dem Präparat Reto-Haftlack erzielten wir bis auf eine Ausnahme stets eine wesentliche Haftkraftverbesserung. Dahingegen führte das Präparat Sili-Spray im Vergleich zu den Versuchen, die ohne jedes Haftmittel unternommen wurden, bis auf zwei Versuchsgruppen zu einer Herabsetzung der Haftkraft. In den meisten mit Sili-Spray durchgeführten Versuchen war die Haftwirkung so minimal, daß sie sich mit der Apparatur nicht registrieren ließ, obwohl an Stelle der 10 KP-Federwaage eine 1 KP-Feder eingebaut wurde. Das Sili-Spray blieb klebrig-zähflüssig, wie es aufgesprüht wurde. Beanspruchte man die Abformmasse auf Abzug, so wirkte lediglich die Aufhebung der Kohäsionskraft des Sili-Sprays haftvermittelnd. Wir erprobten daraufhin dieses Haftmittel in Vorversuchen auf Verdunstung seiner Flüssigkeit, um durch die Eindickung eine bessere Haftung zu erzielen. Aber selbst die Lagerung einer besprühten Platte über 12 - 24 Stunden konnte keine Konsistenzänderung und Haftverstärkung bewirken. Auch die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse verdeutlicht die positive Bewertung des Reto-Haftlacks und die eindeutige Ablehnung des Sili-Sprays.

Die Versuchsergebnisse haben erbracht, daß je nach Löffelart (Metall, perforiert, unperforiert, Palavit-M u.a.) und je nach Präparation der Löffel (mit oder ohne Haftmittel) die Haftkraft bei Silaplast, Silone und Sta-Seal

für einen mittleren OK-Löffel der Größe 2 zwischen 18,460 KP und 56,345 KP schwankt. Da durchschnittlich für diese Löffelgröße eine Kraft von 25 KP erforderlich ist, um die Kräfte zu überwinden, die den Abzug der Abformmasse von der Schleimhaut verhindern (Adhäsion, Kohäsion des Speichels, Vakuumsog und unter-sich-gehende Stellen), und bei unseren Versuchen für jede Löffelart mindestens ein Ergebnis über 25 KP liegt, wäre es nutzlos, noch einen Abdrucklöffel zu konstruieren und zu erproben, der noch größere Haftwerte ermöglicht. Über 80 % der registrierten Meßergebnisse zeigen eine größere Haftkraft als 25 KP. Diese Resultate gestatten die Vermutung, daß bei sachgemäßer Verarbeitung der Abdruckmaterialien und Haftmittel einwandfreie und nicht verkantete Abdrücke von Einzelzähnen bis zum vollen Kieferabdruck erzielt werden können. Somit ist eine gewisse Garantie bei guter Weiterverarbeitung der Abdrücke im Labor für die Paßgenauigkeit der prothetischen Arbeiten gegeben.

Für die drei verschiedenen Abformmaterialien können nach unseren Untersuchungen zur Erzielung besonders guter Abdrücke, die sich also nicht vom Löffel loslösen oder sich in ihm verkanten, folgende Empfehlungen gegeben werden:

1)Silone:	Glatte Metalllöffel, präp.m. <u>Reto-Haftlack</u>	48,248 KP
	1,4 mm perf. " " "	53,685 KP
	2,5 mm perf. " " "	56,345 KP
2)Sta-Seal:	Glatte " " "	43,778 KP
	1,4 mm perf. " " "	51,938 KP
	2,5 mm perf. " " "	44,833 KP
3)Silaplast:	1,4 mm perf. " " "	36,273 KP
	1,4 mm perf. " " <u>Sili-Spray</u>	42,165 KP

Die Ergebnisse zeigen, daß bei richtiger Verarbeitung die geforderte Haftung von 25 KP im OK-Löffel Größe 2 um 50 - 125 % übertroffen worden ist. Die herausragenden Ergebnisse sind auch an den graphischen Darstellungen (S.51-53) und an der Tabelle X abzulesen.

Vergleichen wir diese Werte mit den auf ähnliche Weise erzielten Ergebnissen TOKMANs bei den Alginaten Zelex und Zelgan, so zeigen die Silikone eine vier- bis neunfach größere Haftwirkung:

	Zelex	Zelgan	
1,5mm perf.Löffel o.Haftm.	4,950 KP	4,950 KP	
	Silone	Sta-Seal	Silaplast
1,4mm perf.Löffel o.Haftm.	38,030 KP	26,965 KP	32,645 KP

Der Vergleich zeigt, daß Silikone im Gegensatz zu Alginaten eine erheblich größere Haftung auf der Unterlage aufweisen, weshalb die Gefahr einer Verfälschung des Negativs während dem Entfernen des Abdrucklöffels aus dem Mund geringer ist.

Zusammenfassung:

In dieser Arbeit sollte die Haftfähigkeit der gummi-elastischen Abformmassen Silaplast, Silone und Sta-Seal auf konfektionierten und individuellen Abdrucklöffeln untersucht werden. Besondere Berücksichtigung fanden hierbei die Haftmittel Sili-Spray und Reto-Haftlack.

Die Prüfung der Werkstoffe erfolgte experimentell durch Serien- und Reihenuntersuchungen, wobei die Versuchskörper stets die gleiche Größe und Form aufwiesen. An Stelle der Abdrucklöffel wurden glatte oder im Durchmesser von 1,4 mm bzw. 2,5 mm perforierte Platten aus Metall oder Kunststoff benutzt. Auf diesen Grundplatten erfolgten jeweils 5 Messungen mit verschiedenen Abformmaterialien und Haftmitteln. Aus den Meßergebnissen wurden die Mittelwerte bestimmt (bezogen auf 1 cm² Fläche), deren Zusammenfassung in den Tabellen auf Seite 44 zu finden ist.

Um zu prüfen, ob die Meßwerte statistisch gesichert sind, oder ob sie reine Zufallsbefunde darstellen, unterwarfen wir die Versuchsergebnisse statistischen Tests nach KRUSKAL und WALLIS. Die Prüfung auf Unterschiede zwischen den drei Faktoren Haftmittel, Material und Fläche ergab fast stets einen gesicherten Unterschied, wobei jeweils ein Faktor geprüft und die beiden anderen in verschiedenster Weise berücksichtigt wurden, z.B.: "Prüfung auf Unterschiede zwischen den Haftmitteln ohne Berücksichtigung von Material und Flächen", oder: "Prüfung auf Unterschiede zwischen den Materialien ohne Berücksichtigung von Haftmitteln und Flächen" usw. Von den 26 durchgeführten Tests sind 25 "statistisch gesichert" und 1 Test ist "statistisch auffällig".

Die Betrachtung der Ergebnisse der graphischen Darstellungen zeigt, daß sich die günstigste Konstellation

zwischen Fläche und Haftmittel für die drei Abformmassen wie folgt ergibt:

- 1) Silaplast auf 1,4mm perf.Fläche m.Sili-Spray 1686,6 p/cm²
- 2) Sta-Seal auf 1,4mm perf.Fläche m.Reto-Haftl. 2077,5 p/cm²
- 3) Silone auf 2,5mm perf.Fläche m.Reto-Haftl. 2253,8 p/cm²

Aus diesen Meßergebnissen und den statistischen Auswertungen kann man schließen, daß Perforationen des Abdrucklöffels die Haftung des Abformmaterials verbessern. Reto-Haftlack verstärkt diese Wirkung noch erheblich. Dagegen besitzt nach diesen Untersuchungen das Präparat Sili-Spray keine haftverstärkende Komponente.

Literaturverzeichnis:

- 1) ANDRYSEK, K.: Über die Abformung elastischer Körper mittels elastischer Abformmassen auf Silikonbasis.
Dt.Zahnärztebl.16,619 (1962)
- 2) BÖTTCHER, H.-J.: Über ein neues Abformmittel (Bayer 6443) auf Silikonbasis.
Dt.Zahnärztebl.17,671 (1963)
- 3) BÖTTGER, H.: Erfahrungen mit Silikonabformmaterialien.
Zahnärztl.Welt/Reform 63,616 (1962)
- 4) BRANDAU, A.: Erfahrungen aus Klinik und Praxis mit den gummi-elastischen Silikon-Abdruckmaterialien unter besonderer Berücksichtigung der Silikonabformpaste "Impressional".
Zahnärztl.Welt/Reform 61,542 (1960)
- 5) EFFINGER, A.: Volumen-, Gewichts- und Elastizitätsverhalten zahnärztlicher Abdruckmassen auf Silikonbasis.
Dtsch.zahnärztl.Z.13,256 (1958)
- 6) HENKEL, G.: Zur werkstoffkundlichen Prüfung der Silikone-Abdruckwerkstoffe Silone, Permaflexil und Lastic 55.
Zahnärztl.Welt/Reform 11/57,176 (1956)
- 7) HERMANN, W.: Praxiserfahrungen mit Impressional.
Dt.Zahnärztebl.13,348 (1959)
- 8) HOUZAR, J. und SINDELKA, Z.: Gummi-Elastomere, ihre Eigenschaften und Verwendung.
Dt.Stomatol.14,121 (1964)
- 9) ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil I: Dtsch.zahnärztl.Z.13,1377 (1958)

" II: "	"	" 14, 405 (1959)
" III: "	"	" 14, 527 (1959)
" IV: "	"	" 14, 651 (1959)
" V: "	"	" 14, 772 (1959)
" VI: "	"	" 14, 895 (1959)
" VII: "	"	" 14, 1079 (1959)
" VIII: "	"	" 14, 1649 (1959)
" IX: "	"	" 15, 427 (1960)
" X: "	"	" 15, 1202 (1960)
- 10) KERN, E.: Verarbeitungsunterschiede zwischen Gips- und Nicht-Gips-Abdruckmaterialien.
Zahnärztl.Welt/Reform 60,116 (1959)
- 11) SENDTNER, K.: Praktische Erfahrungen mit Silikonabdruckmassen.
Zahnärztl.Praxis 8,9 (1957)
- 12) TOKMAN, C.: Untersuchungen über die Haftung der elastischen Abformmaterialien am Adrucklöffel.
Med.Diss.Mainz 1963

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr.F.Jung für die Übernahme des Korreferates und seine wertvollen wissenschaftlichen Ratschläge zu danken.

Weiterhin gilt mein aufrichtiger Dank Herrn Oberarzt Professor Dr.L.Hupfauf für die Überlassung des Themas sowie für seine grosszügige Unterstützung, seine freundliche Beratung und seine ständige Hilfsbereitschaft.

Herrn Dr.Lange vom Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz (Direktor Professor Dr.Dr.S.Koller) danke ich für die freundliche Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Lebenslauf:

Am 14. September 1938 wurde ich als Sohn und erstes Kind des Zahnarztes Dr. Werner Wiechers und seiner Ehefrau Ellen, geborene Webermeier, in Münster/Westfalen geboren. Von Herbst 1944 bis Ostern 1949 besuchte ich in Detmold/Lippe die Volksschule und ab Ostern 1949 das Ratsgymnasium in Münster, wo ich Ostern 1960 die Reifeprüfung ablegte. Von Ostern 1960 bis Ostern 1961 diente ich in der Bundeswehr und wurde als Fahnenjunker (Res.) entlassen. Im Sommersemester 1961 immatrikulierte ich mich an der Wilhelms-Universität in Münster für das Fach Zahnmedizin und legte im Oktober 1964 die zahnärztliche Vorprüfung ab. Seit dem Wintersemester 1964/65 studierte ich an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz und bestand dort am 24.7.1967 das zahnmedizinische Staatsexamen. Am 2.12.1967 legte ich mit Erfolg die Doktorprüfung ab.

